

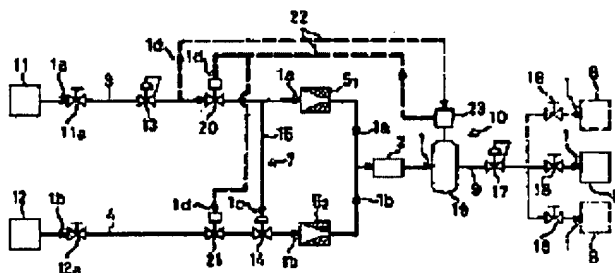
**MIXED GAS SUPPLY APPARATUS**

**Patent number:** JP10128102  
**Publication date:** 1998-05-19  
**Inventor:** MORI SHIGERU; KUBO MITSUSHI; YAMAZAKI NORIO; MIMURO KIMIATSU  
**Applicant:** TAIYO TOYO SANSO CO LTD;; GAS MITSUKUSU KOGYO KK  
**Classification:**  
- **international:** B01J4/02; B01F3/02; B01F15/04  
- **europaen:**  
**Application number:** JP19960294078 19961106  
**Priority number(s):** JP19960294078 19961106

Report a data error here

**Abstract of JP10128102**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a mixed gas supply system capable of obtaining mixed gas in a stable mixing ratio while ensuring desired mixing accuracy regardless of fluctuations in pressure. **SOLUTION:** This system is constituted of gas introducing passages 3, 4 introducing raw material gases 1a, 1b into a mixer 2, flow rate adjusting devices 51, 52 adjusting the introducing amts. of the raw material gases 1a, 1b into the mixer 2 constant, a pressure leveling valve 14 controlling and holding the pressures on the inlet side of the flow rate adjusting devices 51, 52 to the same pressure and a gas supply passage supplying the mixed gas 1 obtained in the mixer 2 to a mixed gas using part 8. In this case, this system is operated under either one of a condition wherein the pressure ratio of the pressures on the outlet side of the flow ratio adjusting devices 51, 52 to the pressures on the inlet side thereof is a critical pressure ratio or less and the gas flow velocity in each of the flow rate adjusting devices becomes sonic velocity, a condition wherein the above mentioned pressure ratio is a predetermined pressure ratio or less and the gas flow velocity in each of the flow rate adjusting devices becomes sonic velocity or sub-sonic velocity and a condition wherein the above- mentioned pressure ratio is the predetermined pressure ratio or less and the gas flow velocity in each of the flow rate adjusting devices does not reach sonic velocity.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-128102

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月19日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

B 0 1 J 4/02

B 0 1 J 4/02

A

B 0 1 F 3/02

B 0 1 F 3/02

15/04

15/04

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平8-294078

(22) 出願日

平成8年(1996)11月6日

(71) 出願人 000208167

大陽東洋酸素株式会社

大阪府大阪市西区靱本町2丁目4番11号

(71) 出願人 591034073

ガスミックス工業株式会社

東京都台東区東上野2-19-3

(72) 発明者 森 茂

大阪府大阪市西区靱本町2丁目4番11号

大陽東洋酸素株式会社内

(72) 発明者 久保 充司

大阪府大阪市西区靱本町2丁目4番11号

大陽東洋酸素株式会社内

(74) 代理人 弁理士 杉本 丈夫 (外1名)

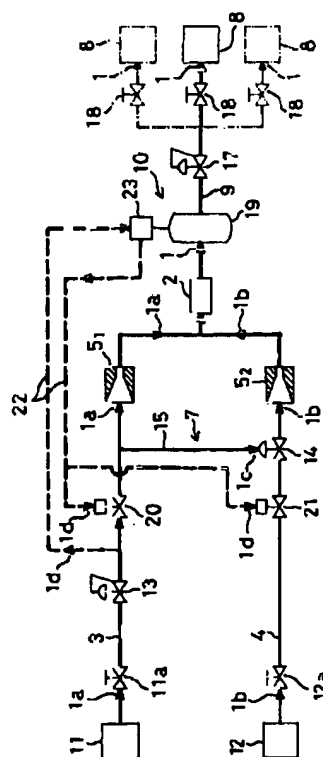
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 混合ガス供給システム

(57) 【要約】

【課題】 圧力変動に拘わらず、所望の混合精度を確保しつつ、安定した混合比率の混合ガスを得ることができる混合ガス供給システムを提供する。

【解決手段】 原料ガス1a, 1bを混合器2に導入させるガス導入路3, 4と、各原料ガス1a, 1bの混合器2への導入量を一定に調整する流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>と、流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>の入口側圧力を同一圧に制御、保持するための均圧弁14と、混合器2で得られた混合ガス1を混合ガス使用部8に供給させるガス供給路9とを具備するシステムを、流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>の入口側圧力に対する出口側圧力の圧力比が臨界圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速となる条件、上記圧力比が所定の圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速又は亜音速となる条件、又は上記圧力比が所定の圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速に達しない条件、の何れかの条件で運転させる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 主原料ガスと一種又は複数種の副原料ガスを混合させる混合器と、これらの原料ガスを混合器に導入させる複数の原料ガス導入路と、各原料ガス導入路に配設されており、主原料ガスの混合器への導入量を一定に調整する第1流量調整器及び副原料ガスの混合器への導入量を主原料ガス導入量に応じた所定量に調整する一又は複数の第2流量調整器と、これらの流量調整器の入口側圧力を所定の同一圧に制御、保持する圧力制御機構と、混合器で得られた混合ガスを所定の混合ガス使用部に供給させる混合ガス供給路と、を具備して、上記流量調整器の入口側圧力に対する出口側圧力の圧力比が臨界圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速となる条件、上記圧力比が所定の圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速又は亜音速となる条件、又は上記圧力比が所定の圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速に達しない条件、の何れかの条件で運転させるようにしたことを特徴とする混合ガス供給システム。

【請求項2】 少なくとも一の第2流量調整器が、副原料ガスの混合器への導入量を変更調整する流量調整機構を有するものであることを特徴とする、請求項1に記載の混合ガス供給システム。

【請求項3】 圧力制御機構が作動ガスにより作動される均圧弁を具備するものであり、その作動ガスとして原料ガスの一部を使用すると共に、均圧弁を作動後の作動ガスを、原料ガス導入路に配設された流量調整器と同一機能の第3流量調整器を介して、原料ガスと共に混合器に導入させるように構成したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の混合ガス供給システム。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体、溶接、原子力、医療関連分野等で使用される各種工業用雰囲気ガス、ガス器具の安全確認のために使用されるテストガスや医療用合成空気等の多成分ガスを製造、供給するための混合ガス供給システムに関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】従来のこの種の混合ガス供給システムとしては、例えば、図8に示す如く構成された工業用雰囲気ガスの供給システム（以下「第1従来システム」という）や図9に示す如く構成された医療用合成空気の供給システム（以下「第2従来システム」という）が知られている。

【0003】すなわち、第1従来システムは、図8に示す如く、主原料ガス（窒素又はアルゴン）101aと一種の副原料ガス（酸素、水素又は炭酸ガス）101bとを混合させて工業用雰囲気ガスたる混合ガス101を得るための混合器102と、これらの原料ガス101a、

101bを、各々、原料ガス供給源111、112から減圧弁113、114、流量調整用ニードル弁117、118及びフロート式流量計119、120を経て混合器102に導入させる第1及び第2原料ガス導入路103、104と、混合ガス101を混合器102から所定の混合ガス使用部108に供給させる混合ガス供給路109と、を具備してなる。

【0004】また、第2従来システムは、図9に示す如く、主原料ガス（窒素）201aと一種の副原料ガス（酸素）201bとを混合させて合成空気たる混合ガス201を得るための混合器202と、これらの原料ガス201a、201bを、各々、原料ガス供給源211、212から減圧弁213、214、遮断弁215、216、流量調整用オリフィス217、218及びフロート式流量計219、220を経て混合器102に導入させる第1及び第2原料ガス導入路203、204と、混合ガス201を混合器202から所定の混合ガス使用部208に供給させる混合ガス供給路209と、混合ガス供給路209に配設したバッファタンク221及びその下流側の減圧弁222とを具備してなる。なお、遮断弁215、216は、バッファタンク221内の圧力に応じて作動する圧力スイッチ223により電氣的に開閉制御されるものである。

【0005】而して、第1又は第2従来システムにあっては、原料ガス101a、101b又は201a、201bが、その圧力を減圧弁113、114又は213、214により一定の同一圧に調整された上、その流量を各々ニードル弁117、118又はオリフィス217、218により調整されて、混合器102に導入されるようになっており、混合器102においてニードル弁117、118又はオリフィス217、218で設定された混合比率の混合ガス101又は201が得られるようになっている。すなわち、ニードル弁117、118又はオリフィス217、218の入口側圧力が減圧弁113、114又は213、214により同一圧に保持されていることから、混合器102又は202においては、原料ガス101a、101b又は201a、201bの混合が安定して行なわれることになり、ニードル弁117、118又はオリフィス217、218で設定した流量比率に相当する混合比率の混合ガス101又は201を得ることができるのである。なお、第2従来システムにあっては、混合ガス201が医療用として使用される合成空気であることから、混合ガス201を、その濃度変化を少なくするために、バッファタンク221内で均一化した上で混合ガス使用部208に供給させるようにしてある。

**【0006】**

【発明が解決しようとする課題】しかし、第1従来システムにあっては、混合ガス使用部108側に圧力変動があると、その影響によりニードル弁117、118の出

口側圧力が変動するが、このように出口側圧力が変動すると、その圧力変動がニードル弁117, 118の入口側に伝播されて、ニードル弁117, 118からの原料ガス流出量に変化し、所定の混合比率が確保できない虞れが生じる。かかる虞れは、出口側圧力の圧力変動幅が大きくなるに従って顕著となる。一般に、第1従来システムでは、混合ガス使用部108側の圧力変動により、混合比率（混合ガスにおける副原料ガス濃度（vol %））が±3～5 vol %の範囲で変化する。

【0007】一方、第2従来システムにあっては、混合ガス使用部208側の流量、圧力変動がバッファタンク221により緩和されることから、圧力スイッチ223の作動幅を適当な範囲に設定しておくことにより、第1従来システムに比して、混合比率（混合ガスにおける副原料ガス濃度（酸素濃度））の変動幅をより低く抑えておくことができるものの、さほど高い混合精度を得ることができる訳ではなく、医療用合成空気のような高い混合精度が要求される場合には対応し切れない。例えば、圧力スイッチ223の作動幅を0.5～1.0 kg/cm<sup>2</sup> Gに設定しておく、混合比率（酸素濃度（vol %））の変動幅を±1.0～1.5 vol %とすることができるが、医療用合成空気に要求される混合精度は±0.5 vol %以下であるため、医療用合成空気の供給システムとしては甚だ不十分である。

【0008】したがって、第1及び第2従来システムは、混合ガス使用部108, 208側に圧力変動が生じるような条件下では、一定精度以上の混合ガス101, 201を供給させることができず、使用条件が大幅に制限されているのが実情である。

【0009】本発明は、このような点に鑑みてなされたもので、混合ガス使用部側の圧力変動に拘わらず、混合ガスの使用目的等に応じて要求される所望の混合精度を確保しつつ、安定した混合比率の混合ガスを得ることができる混合ガス供給システムを提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の混合ガス供給システムは、主原料ガスと一種又は複数種の副原料ガスとを混合させる混合器と、これらの原料ガスを混合器に導入させる複数の原料ガス導入路と、各原料ガス導入路に配設されており、主原料ガスの混合器への導入量を一定に調整する第1流量調整器及び副原料ガスの混合器への導入量を主原料ガス導入量に応じた所定量に調整する一又は複数の第2流量調整器と、これらの流量調整器の入口側圧力を所定の同一圧に制御、保持する圧力制御機構と、混合器で得られた混合ガスを所定の混合ガス使用部に供給させる混合ガス供給路と、を具備するものであって、以下の（A）（B）（C）の何れかの条件で運転させるようにしたものである。

（A） 上記流量調整器の入口側圧力に対する出口側圧

力の圧力比が臨界圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速となる条件。

（B） 上記圧力比が所定の圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速又は亜音速となる条件。

（C） 上記圧力比が所定の圧力比以下である条件であって流量調整器内におけるガス流速が音速に達しない条件。

【0011】かかる混合ガス供給システムにあっては、少なくとも一の第2流量調整器を、副原料ガスの混合器への導入量を変更調整しうる流量調整機構を有するものとしておくことが好ましい。このようにすれば、混合ガスの混合比率を任意に変更することができる他、混合比率を変更させる必要のない場合（例えば、主原料ガスである窒素と副原料ガスである酸素とを混合させて、酸素濃度を21 vol %に固定した医療用合成空気を得る場合）においても、混合比率を固定させるために必要なシステム全体の微調整を好適に行なうことができる。

【0012】また、圧力制御機構が作動ガスにより作動される均圧弁を具備するものであり、その作動ガスとして原料ガスの一部を使用するように構成しておくことが好ましく、かかる場合、均圧弁作動後の作動ガスを外部に放出しない構成としておくことが好ましい。例えば、均圧弁作動後の作動ガスを、原料ガス導入路に配設された流量調整器と同一機能の第3流量調整器を介して原料ガスと共に混合器に導入させるように構成しておくか、或いは、第1又は第2流量調整器の上流側における原料ガス導入路部分に返戻させて、原料ガスと共に当該第1又は第2流量調整器を経て混合器に導入させるように構成しておく。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の混合ガス供給システムの構成を図1～図7に示す第1～第5の各実施の形態に基づいて具体的に説明する。各実施の形態は、主原料ガスである窒素と一種の副原料ガスである酸素との混合ガスである医療用合成空気（人工空気）を所定の混合ガス使用部に供給させる場合に使用する混合ガス供給システムに本発明を適用した例に係る。なお、以下の説明において、混合ガス（合成空気）の混合比率とは、混合ガスにおける副原料ガスの含有比率つまり酸素濃度（vol %）を意味するものとする。

【0014】図1は第1の実施の形態における混合ガス供給システム（以下「第1システム」という）及び第2の実施の形態における混合ガス供給システム（以下「第2システム」という）を示したもので、第1システム又は第2システムは、図1に示す如く、主原料ガス（窒素）1aと副原料ガス（酸素）1bとを混合させる混合器2と、各原料ガス1a, 1bを混合器2に導入させる第1及び第2原料ガス導入路3, 4と、各原料ガス導入路3, 4に配設された第1及び第2流量調整器5<sub>1</sub>, 5

と、これらの流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の入口側圧力を所定の同一圧に制御、保持する圧力制御機構7と、混合器2で得られた混合ガス（合成空気）1を所定の混合ガス使用部8に供給させる混合ガス供給路9と、システム起動・停止機構10とを具備する。

【0015】第1及び第2原料ガス導入路3、4は、図1に示す如く、ガスタンク等の適宜の原料ガス供給源11、12から流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の下流側において合流された上で混合器2に導かれており、流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ により所定流量に調整された原料ガス1a、1bを混合器2に導入する。なお、各原料ガス供給源11、12には入口弁11a、12aが設けられている。

【0016】圧力制御機構7は、図1に示す如く、第1流量調整器 $5_1$ の上流側において第1原料ガス導入路3に配設した減圧弁13と、第2流量調整器 $5_2$ の上流側において第2原料ガス導入路4に配設した均圧弁14と、減圧弁13と第1流量調整器 $5_1$ との間において第1原料ガス導入路3から分岐して均圧弁14の作動部に導いた作動ガス導入路15とを具備してなる。

【0017】減圧弁13は、第1流量調整器 $5_1$ に流入する第1原料ガス1aの圧力を減圧調整して、第1流量調整器 $5_1$ の入口側圧力を予め設定された一定圧に保持するものである。減圧弁13による調整圧つまり第1流量調整器 $5_1$ の入口側圧力は、混合ガス1の混合ガス使用部8への供給圧力等に応じて適宜に設定される。均圧弁14は、その作動部に所定圧の作動ガス1cを導入させることにより作動されるガス作動弁であり、第2流量調整器 $5_2$ に流入する第2原料ガス1bの圧力を作動ガス1cと同圧に制御、保持するように構成されている。作動ガス導入路15は、減圧弁13により所定圧 $P_1$ に調整されて第1流量調整器 $5_1$ に向かう第1原料ガス1aの一部を作動ガス1cとして均圧弁14の作動部に導入させる。したがって、圧力制御機構7によれば、第1流量調整器 $5_1$ の入口側圧力を減圧弁13により一定圧に調整、保持すると共に、第2流量調整器 $5_2$ の入口側圧力を均圧弁14により作動ガス1cの圧力つまり第1流量調整器 $5_1$ の入口側圧力と同一圧に制御、保持することができる。すなわち、両流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の入口側圧力を同一の一定圧 $P_1$ に保持しうようになっている。

【0018】混合ガス供給路9は、図1に示す如く、混合器2から減圧弁17及び出口弁18を経て混合ガス使用部8に導かれていて、第1及び第2原料ガス1a、1bからなる混合ガス1を混合器2から混合ガス使用部8に供給しうようになっている。なお、当該システムにあっては、複数の混合ガス使用部8…に各別に混合ガス1を供給させる場合があるが、かかる場合には、必要に応じて、図1に鎖線図示する如く、混合ガス供給路9の末端部分を分岐させて各混合ガス使用部8に導くようにする。

【0019】システム起動・停止機構10は、図1に示す如く、混合器2の下流側に配設したサージタンク19と、第1流量調整器 $5_1$ の上流側に配設したガス作動型の第1遮断弁20と、均圧弁14の上流側に配設したガス作動型の第2遮断弁21と、第1遮断弁20の上流側から両遮断弁20、21の作動部へと導かれた制御ガス回路22と、サージタンク19内の圧力によりオン・オフ作動されて、制御ガス回路22を開閉制御する圧力スイッチ23とを具備して、混合ガス使用部8側の流量、圧力変化に応じて当該混合ガス供給システムを自動的に起動・停止させるように構成されている。すなわち、混合ガス使用部8側の流量、圧力変化により混合ガス供給路9の圧力つまりサージタンク19内の圧力が所定圧（設定上限圧）以上となると、圧力スイッチ23により制御ガス回路22が開放される。そして、制御ガス回路22が開放されると、第1原料ガス1aの一部が制御ガス1dとして制御ガス回路22から遮断弁20、21に導入されて、遮断弁20、21を閉制御し、原料ガス1a、1bの導入を停止する。つまり、当該混合ガス供給システムが停止される。一方、サージタンク19内の圧力が所定圧（設定下限圧）以下となると、圧力スイッチ23により制御ガス回路22が閉鎖されて、遮断弁20、21が開動作し、原料ガス1a、1bの導入を開始する。つまり、当該混合ガス供給システムが起動される。なお、遮断弁20、21を、上記した場合と逆作動して開閉されるものとしてもよい。

【0020】而して、第1システムでは、第1及び第2流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ として、図2に示す如く、流れ方向に断面積を漸次小さくした截頭円錐状の入口部51と断面一様の円筒状をなして入口部51から流れ方向に延びる出口部（スロート部）52とからなる平行型の先細ノズル50aを使用している。各流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ における入口部51の長さ $L_1$ 、開き角 $\theta_1$ 及び出口部52の径 $D_1$ 、長さ $L_2$ 等の各部寸法は、(a) 流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ における出口側圧力 $P_2$ の入口側圧力 $P_1$ に対する圧力比 $P_2/P_1$ が臨界圧力比以下であるとき（以下、このような圧力条件を満足する出口側圧力 $P_2$ の範囲を「音速域」といい、音速域から外れる出口側圧力 $P_2$ の範囲を「亜音速域」という）において、当該流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ 内におけるガス流速がその状態における音速に相当する速度（以下、単に「音速」という）となり、音速域では出口側圧力 $P_2$ が変動してもガス流速は音速に維持されること、(b) 設計上、音速域において、混合ガス使用部8の使用条件に応じて決定される混合ガス1の混合比率（以下「基準混合比率」という）が得られること（基準混合比率は、主として、両流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の流量調整部の口径比によって決定される）、の両条件を共に満足するように設定されている。

【0021】一方、第2システムでは、第1及び第2流

量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ として、図3に示す如く、入口部53と出口部54との間に断面積一定の円筒状の喉部55を設けると共に、出口部54を喉部55から漸次拡がる截頭円錐状の拡大管部に構成した末広ノズル構造の中細ノズル50bが使用されている。各流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ における入口部53の開き角 $\theta_2$ 、喉部55の径 $D_2$ 、長さ $L_3$ 及び出口部54の長さ $L_4$ 、開き角 $\theta_3$ 等の各部寸法は、上記(a)(b)の条件を満足するように設定されている。特に、音速域を効果的に拡大させるためには、出口部54の開き角 $\theta_3$ を可及的に小さくし且つその長さ $L_4$ を大きくするようにしておくことが好ましい。

【0022】なお、一の混合ガス供給システムにおける流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ をすべてノズル構造のものとする場合、上記した如く、それらのノズル形式は同一としておくことが好ましい。また、かかる場合において、各ノズルを他のノズルと相似形状をなす(対応する各部分の径、長さの寸法が一定の比例関係にある)ものとしておくことが好ましい。

【0023】ところで、臨界圧力比とは、一般に、流量調整器内を流れるガスの最大流速が音速に達したときの出入口側圧力(以下、このときの出口側圧力 $P_2$ を当該流量調整器の「臨界圧力 $P_c$ 」という)の比 $P_c/P_1$ をいい、理論的には $P_c/P_1 = (2/(K+1))^{K/(K-1)}$ ( $K$ は当該ガスの比熱比)で与えられるものである。

【0024】以上のように構成された第1システム又は第2システムにあっては、各原料ガス1a、1bが流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ から混合器2に導入されて混合されるが、両原料ガス1a、1bは圧力制御機構7により同一圧 $P_1$ に保持されているから、混合器2において安定した状態で混合されることになる。

【0025】そして、流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の出口側圧力 $P_2$ が臨界圧力 $P_c$ 以下となる音速条件で、つまり入口側圧力 $P_1$ に対する圧力比 $P_2/P_1$ が臨界圧力比 $P_c/P_1$ 以下となる音速域においてシステムが運転されるときは、原料ガス1a、1bが流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ 内を音速で流れることから、出口側圧力 $P_2$ が混合ガス使用部8側の圧力変化による影響を受けたとしても、つまり出口側圧力 $P_2$ が音速域で如何に変化したとしても、各流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の流速は変化しない。すなわち、流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ 内を音速で流れる原料ガス1a、1bの流れは、流量調整器出口側の圧力変動を流量調整器入口側に伝播させないから、流量調整器入口側の圧力状態に相応した安定した質量流量が得られる。

【0026】したがって、システムが音速域( $P_2 \leq P_c$ )で運転され且つ同一圧力に維持される限り、混合器2において得られる混合ガス1における原料ガス1a、1bの混合比率は、混合ガス使用部8側の圧力変動に拘わらず、常に、一定に維持される。すなわち、音速域で

は、出口側圧力 $P_2$ が如何に変動しても、混合ガス1の混合比率が変化せず、常に、一定の混合比率の混合ガス1を混合ガス使用部8へと供給させることができる。

【0027】なお、原料ガス1a、1bの音速流れは、先細ノズル50aでは出口部52において生じることになり、中細ノズル50bでは喉部55において生じ、喉部55から漸次拡大する出口部54において音速以上となる。先細ノズル50aでは、臨界圧力 $P_c$ ないし臨界圧力比 $P_c/P_1$ は理論値に略一致することになる。一方、中細ノズル50bを使用した場合、出口部54が末広ノズルにおける拡大管部と同様に機能することから、喉部55で発生した音速は、当該ノズル50bの出口側圧力 $P_2$ が同一条件における先細ノズル50aの臨界圧力以上に上昇した場合にも保持されることになる。すなわち、同一条件下では、中細ノズル50bの臨界圧力 $P_c$ は先細ノズル50aの臨界圧力 $P_c$ より高くなり、音速域は、中細ノズル50bを使用することによって、先細ノズル50aを使用した場合に比して拡大されることになる。

【0028】一方、出口側圧力 $P_2$ が音速域から外れた亜音速域( $P_2 > P_c$ )となる条件下でシステムが運転される場合、出口側圧力 $P_2$ の影響を受けて流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ からの原料ガス流出量は変化する。しかし、亜音速域においても、出口側圧力 $P_2$ が或る一定の圧力(以下「許容限界圧力 $P_L$ 」という)以下であるときには、第1流量調整器 $5_1$ からの第1原料ガス流出量の変化率と第2流量調整器 $5_2$ からの第2原料ガス流出量の変化率とが大きく異なるため、混合ガス1の混合比率自体はさほど大きく変化しない。すなわち、亜音速域でも、混合ガス1の混合比率を所望する許容範囲に維持させておくこと、つまり一定以上の混合精度を確保することが可能となる。なお、許容限界圧力 $P_L$ は、要求される混合精度つまり基準混合比率の許容範囲に応じて決定されるもので、同一システムにおいても許容範囲によっては許容限界圧力 $P_L$ が異なる場合がある。

【0029】したがって、第1システム又は第2システムによれば、音速域( $P_2 \leq P_c$ )から亜音速域( $P_c < P_2 \leq P_L$ )に亘る極めて広範な圧力条件下で、一定以上の混合精度を確保しつつ、安定した混合ガス供給を行なうことができ、且つ必要とされる混合精度や混合ガス使用部8側の圧力変動に応じた多様なシステム運転が可能となる。例えば、混合ガス使用部8側の圧力変動が音速域の範囲内であり且つ極めて高い混合精度が要求される場合には、システムを音速域でのみ運転(以下「音速域運転」という)させるようにする。また、さほど高い混合精度が要求されない場合、混合ガス使用部8側の圧力変動が亜音速域の範囲内である場合やシステム全体の圧力差を小さくしたい場合には、システムを亜音速域でのみ運転(「亜音速域運転」という)させるようにする。さらに、条件によっては、音速領域及び亜音速領域

の両領域に亘って運転（以下「両音速域運転」という）させることも可能である。

【0030】また、第1システム又は第2システムにあつては、高い混合精度が要求されており且つ混合ガス使用部8側の使用圧力が低い場合、サージタンク19の設定圧力幅（設定上限圧と設定下限圧との圧力範囲）を大幅に拡大することができることから、サージタンク19の容量を1/2程度に減少させることができる。また、圧力スイッチ23や遮断弁20、21の作動回数（通常、年間で10万回程度）が1/2程度となり、設備のスペースや機器類の信頼性の向上において非常に大きな効果がある。

【0031】特に、各流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ として末広ノズル構造の中細ノズル50bを使用する第2システムでは、音速条件が大幅に改善される（例えば、音速域の圧力条件である $P_2/P_1$ 値は0.82である）ことから、原料供給圧力と混合ガス供給圧力との圧力差を可及的に小さくしつつ高精度の混合ガスを供給させることが可能となり、実用上極めて有効である。

【0032】また、図4は第3の実施の形態における混合ガス供給システム（以下「第3システム」という）及び第4の実施の形態における混合ガス供給システム（以下「第4システム」という）を、また図7は第5の実施の形態における混合ガス供給システム（以下「第5システム」という）を、夫々示したものである。

【0033】ところで、混合ガス使用部8における混合ガス使用条件は区々であり、混合比率を変更する必要がある場合もある。一方、第1及び第2システムにあつては、混合ガス1の混合比率が各流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ のノズル形状によって決定され、固定されるため、少なくとも一方の流量調整器を異なった形状のもの（流出ガス量が異なるノズル形状のもの）に取り替えない限り、混合比率を変更することはできない。

【0034】第3～第5システムは、このように混合比率を変更する必要がある場合にも容易に対応することができるように工夫されたもので、第1又は第2システムにおいて少なくとも一方の流量調整器（例えば第2流量調整器 $5_2$ ）を、流量調整機構を有する流量可変なものに構成しておくことで、混合比率（基準混合比率）を任意に変更することができるようになっている。

【0035】すなわち、第3システムは、図4及び図5に示す如く、第2流量調整器 $5_2$ として先細ノズル構造の流量可変ノズル50cを使用したもので、この点を除いて第1システムと同一構成をなすものである。また、第4システムは、図4及び図6に示す如く、第2流量調整器 $5_2$ として中細ノズル構造の流量可変ノズル50dを使用したもので、この点を除いて第2システムと同一構成をなすものである。なお、第3又は第4システムは、第2流量調整器 $5_2$ の構成を除いて第1又は第2システムと同一構成をなすものであるから、第2流量調整

器 $5_2$ 以外の各構成部分については、図4において図1におけると同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0036】第3システムにあつては、第1流量調整器 $5_1$ として第1システムにおけると同一の平行型の先細ノズル50a（図2参照）が使用されているが、第2流量調整器 $5_2$ としては、図5に示す如く、上記第1流量調整器 $5_1$ と同一形式のノズル（平行型の先細ノズル）であつて、流量調整機構たるニードル体56の進退により流量を可変ならしめうるように構成された流量可変ノズル50cが使用されている。すなわち、この流量可変ノズル50cは、図5に示す如く、流れ方向に断面積を漸次小さくした截頭円錐状の入口部51'（長さ $L_1'$ 、開き角 $\theta_1'$ ）と断面一様の円筒状をなして入口部51'から流れ方向に延びるスロート部たる出口部52'（径 $D_1'$ 、長さ $L_2'$ ）とからなる先細ノズル構造をなし、入口部51'にノズル軸線（出口部52'の中心を通過する軸線）上を進退自在なニードル体56を設けて、このニードル体56を進退させることによりガス流路断面積を変更調整（流量調整部の開度を変更調整）しうるように構成されたものである。

【0037】また、第4システムにあつては、第1流量調整器 $5_1$ として第2システムにおけると同一の末広ノズル構造の中細ノズル50b（図3参照）が使用されているが、第2流量調整器 $5_2$ としては、図6に示す如く、上記第1流量調整器 $5_1$ と同一形式のノズル（末広ノズル構造の中細ノズル）であつて、流量調整機構たるニードル体57の進退により流量を可変ならしめうるように構成された流量可変ノズル50dが使用されている。すなわち、この流量可変ノズル50dは、図6に示す如く、截頭円錐状の入口部53'（開き角 $\theta_2'$ ）と截頭円錐状の出口部54'（長さ $L_4'$ 、開き角 $\theta_3'$ ）との間に断面積一定の円筒状の喉部55'（径 $D_2'$ 、長さ $L_3'$ ）を設けた末広ノズル構造をなし、入口部53'にノズル軸線（喉部55'の中心を通過する軸線）上を進退自在なニードル体57を設けて、このニードル体57を進退させることによりガス流路断面積を変更調整（流量調整部の開度を変更調整）しうるように構成されたものである。

【0038】各ニードル体56、57は、基端方向に漸次拡径する円錐状部分56a、57aを有するものであつて、この円錐状部分56a、57aを出口部52'又は喉部55'に向かって前進させるに従つて、ガス流路断面積を漸次小さく（流量調整部の開度を漸次小さく）し得て、第2流量調整器 $5_2$ からの第2原料ガス1bの流出量を減少させるべく、機能するものである。このニードル体56、57の形状、特に円錐状部分56a、57aの拡径率（拡がり角） $\theta_4$ 、 $\theta_5$ 及び基端径（最大径） $D_4$ 、 $D_5$ は、当該第2流量調整器 $5_2$ のノズル形状等に応じて適宜に設定される。一般に、基端径 $D_4$ 、 $D_5$ は、所望する混合ガスの混合比率（基準混合比率）



が小さいときはスロート部径 $D_1$ 、喉部径 $D_2$ より小さくし、逆に混合比率が大きいたまはスロート部径 $D_1$ 、喉部径 $D_2$ と略同一に設定しておくことが好ましい。また、拡径率 $\theta_4$ 、 $\theta_5$ は、可及的に小さく設定しておくことが好ましい。勿論、ニードル体56、57を含めて第2流量調整器5<sub>2</sub>たる流量可変ノズル50c、50dの各部は、前記(a)の条件を満足すると共に第1流量調整器5<sub>1</sub>との関係において前記(b)の条件を満足するように設計される。

【0039】なお、ニードル体56、57の進退操作機構については、慣用技術であり格別のものではないので、省略するが、ニードル体56、57の進退を手動的に行なうものであると否とに拘わらず、ニードル体56、57の進退量ないし進退位置と第2流量調整器5<sub>2</sub>からの副原料ガス流出量ないし混合比率(基準混合比率)との関係を検知、把握できるように構成しておくことが好ましい。

【0040】而して、第3又は第4システムにあっては、第2流量調整器5<sub>2</sub>における流路調整部の開度(ニードル体56、57が流路調整部に全く影響しない場合の開度を100%とし、ニードル体56、57が流路調整部を完全に閉塞する場合の開度を0%とする)をニードル体56、57の進退により変化させることにより、第2流量調整器5<sub>2</sub>から混合器2への第2原料ガス1bの導入量を任意に変更させることができる。したがって、流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>を交換することなく、混合比率を混合ガス使用部8側の要求に応じて任意に変更することが可能となり、混合比率の異なる混合ガスを使用する必要がある場合においても、これに十分対処することができる。

【0041】そして、ニードル体56、57の進退により混合比率を変更させた場合、変更後のニードル位置に拘わらず、第3システムにおいては第1システムと、第4システムにおいては第2システムと、夫々、同様の安定且つ良好な混合ガス供給機能が発揮される。

【0042】すなわち、流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>の出口側圧力 $P_2$ が臨界圧力 $P_c$ 以下となる条件で、つまり入口側圧力 $P_1$ に対する圧力比 $P_2/P_1$ が臨界圧力比 $P_c/P_1$ 以下となる音速域において第3システム又は第4システムが運転(音速域運転)されるときは、原料ガス1a、1bが流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>の出口部52、52'又は喉部55、55'を音速で流れることから、出口側圧力 $P_2$ が混合ガス使用部8側の圧力変動による影響を受けたとしても、つまり出口側圧力 $P_2$ が音速域で如何に変動したとしても、各流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>から混合器2への原料ガス導入量は変化しない。すなわち、流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>内を音速で流れる原料ガス1a、1bの流れは、流量調整器出口側の圧力変動を流量調整器入口側に伝播させないから、流量調整器入口側の状態に相応した安定した質量流量が得られる。したがって、第

3システム又は第4システムが音速域( $P_2 \leq P_c$ )で運転される場合、混合ガス使用部8側の圧力変化に拘わらず、所望する高精度の混合ガスを得ることができる。

【0043】また、出口側圧力 $P_2$ が音速域から外れた亜音速域( $P_2 > P_c$ )となる条件下で或いは音速域と亜音速域とに亘る条件下でシステムが運転(亜音速域運転或いは両音速域運転)される場合にも、出口側圧力 $P_2$ が許容限界圧力 $P_L$ 以下であるときには、各流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>から混合器2への原料ガス導入量は変化するものの、混合ガス1における原料ガス1a、1bの混合比率を所定の許容範囲に維持させておくことができる。

【0044】したがって、第3又は第4システムによれば、第1又は第2システムと同様に、音速域( $P_2 \leq P_c$ )から亜音速域( $P_c < P_2 \leq P_L$ )に亘る極めて広範な圧力条件下で、一定以上の混合精度を確保しつつ、適正な混合ガス供給を行なうことができ、且つ必要とされる混合精度や混合ガス使用部8側の圧力変動に応じた多様なシステム運転(音速域運転、両音速域運転、亜音速域運転)が可能となることは勿論、第1又は第2システムと異なって、混合ガス使用部8側の要求に応じて必要とされる混合比率に簡便に変更、調整することができる。

【0045】また、第5システムは、図7に示す如く、圧力制御機構7を除いて、第3又は第4システムと同一構成をなすものである。

【0046】すなわち、第5システムにあっては、圧力制御機構7が、図7に示す如く、第1原料ガス導入路3に設けられたガス作動型の第1均圧弁31及び第1減圧弁32と、第2原料ガス導入路4に設けられた第2均圧弁33と、第1原料ガス導入路3から分岐して混合器2に導かれた第3原料ガス導入路34と、第3原料ガス導入路34に設けられた第3流量調整器5<sub>3</sub>及び第2減圧弁36と、第3原料ガス導入路34から分岐されて各均圧弁31、33の作動部に導かれた第1及び第2作動ガス導入路37、38とを具備してなる。第1均圧弁31は、第1流量調整器5<sub>1</sub>と第1遮断弁20との間に配置されている。第1減圧弁32は、入口弁11aと第1遮断弁20との間に配置されていて、第1均圧弁31の両側における圧力差を可及的に小さくすべく、第1均圧弁31に向かう第1原料ガス1aの圧力を減圧調整する。第2均圧弁33は、第2流量調整器5<sub>2</sub>と第2遮断弁21との間に配置されている。第3原料ガス導入路34は、第1減圧弁32の上流側において第1原料ガス導入路3に分岐接続されている。第3流量調整器5<sub>3</sub>は、第1流量調整器5<sub>1</sub>と同一機能のもの(図2に示す先細ノズル50a又は図3に示す中細ノズル50b)であり、前記(a)の条件を満足すると共に第1及び第2流量調整器5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>との関係において前記(b)の条件を満足するものである。第2減圧弁36は、第3流量調整器

5<sub>3</sub>の上流側に配置されている。各作動ガス導入路37, 38は、第3流量調整器5<sub>3</sub>と第2減圧弁36との中間箇所において第3原料ガス導入路34に分岐接続されている。而して、第5システムの圧力制御機構7にあっては、均圧弁31, 33の作動ガス1cとして第1原料ガス1aの一部を使用すると共に、均圧弁31, 33を作動後の作動ガス1cを、第1及び第2流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>から流出する原料ガス1a, 1bと共に、第3流量調整器5<sub>3</sub>から混合器2に導入させるように構成されている。また、制御ガス回路22が、第1減圧弁32の上流側箇所において第1原料ガス導入路3に分岐接続されていて、第1減圧弁32で圧力調整されない第1原料ガス1aの一部を、遮断弁20, 21用の制御ガス1dとして使用するようになっている。

【0047】かかる構成の圧力制御機構7を具備する第5システムにあっては、第1減圧弁32に向かう第1原料ガス1aの一部は、作動ガス1cとして、第1原料ガス導入路3から第3原料ガス導入路34へと導入され、第2減圧弁36により一定圧P<sub>1</sub>に調整された上で第1及び第2作動ガス導入路37, 38から第1及び第2均圧弁31, 33の作動部に導入されて、各均圧弁31, 33を作動させる。そして、これら均圧弁31, 33の作動により、第1及び第2流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>の入口側圧力が作動ガス1cと同圧P<sub>1</sub>に調整、制御される。一方、作動ガス1cは、均圧弁31, 33を作動させた後、第3原料ガス導入路34から第3流量調整器5<sub>3</sub>を経て混合器2に導入される。

【0048】このように、流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>c</sub>の入口側圧力が同一圧P<sub>1</sub>に保持された状態で、第1流量調整器5<sub>1</sub>から流出する第1原料ガス1aと第2流量調整器5<sub>2</sub>から流出する第2原料ガス1bと第3流量調整器5<sub>3</sub>から流出する第1原料ガスである作動ガス1cとが混合器2に導入されることから、第3又は第4システムにおける同様に、安定且つ良好な混合ガス供給機能が発揮される。すなわち、流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>c</sub>の出口側圧力P<sub>2</sub>が臨界圧力P<sub>c</sub>以下となる音速域で、第5システムが運転されるときは、原料ガス1a, 1b, 1cが流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>c</sub>内を音速で流れることから、出口側圧力P<sub>2</sub>が混合ガス使用部8側の圧力変動による影響を受けたとしても、流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>c</sub>内を音速で流れる原料ガス1a, 1b, 1cの流れは、流量調整器出口側の圧力変動を流量調整器入口側に伝播させず、流量調整器入口側の状態に相応した安定した質量流量が得られる。したがって、第5システムが音速域運転される場合、混合器2において得られる混合ガス1の混合比率は、混合ガス使用部8側の圧力変動に拘わらず、一定に維持される。すなわち、第2流量調整器5<sub>2</sub>におけるニードル体56, 57の進退位置によって決定される混合比率に維持される。また、第5システムが両音速域運転又は亜音速域運転され

る場合にも、出口側圧力P<sub>2</sub>が許容限界圧力P<sub>L</sub>以下であるときには、各流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>c</sub>から混合器2への原料ガス導入量は変化することがあるものの、混合ガス1の混合比率を所望する許容範囲に維持させておくことができる。

【0049】したがって、第5システムによれば、第3又は第4システムと同様に、音速域(P<sub>2</sub> ≤ P<sub>c</sub>)から亜音速域(P<sub>c</sub> < P<sub>2</sub> ≤ P<sub>L</sub>)に亘る極めて広範な圧力条件下で、一定以上の混合精度を確保しつつ、適正な混合ガス供給を行なうことができ、且つ必要とされる混合精度や混合ガス使用部8側の圧力変動に応じた多様なシステム運転(音速域運転、両音速域運転、亜音速域運転)が可能となり、第2流量調整器5<sub>2</sub>における入口部51', 53'の断面積をニードル体56, 57の進退により変更することにより、混合ガス使用部8側の要求に応じて混合比率を簡便に変更、調整することができる。

【0050】さらに、第5システムにあっては、均圧弁31, 33を作動させる作動ガス1cとして第1原料ガス1aの一部を使用すると共に、均圧弁31, 33を作動させた作動ガス1cを大気中に放出させることなく、混合ガス1の原料として使用するから、作動ガス1cが無駄に消費されず、経済的に有利である。しかも、圧力制御機構7を電気的手段により作動させるようにした場合と異なって、原料ガスとして引火性、爆発性のものを使用するときにも、格別の防爆対策を施しておく必要がなく、システムの簡素化を図ることができる。

【0051】ところで、本発明の混合ガス供給システムは、上記した各実施の形態に限定されるものではなく、本発明の基本原理を逸脱しない範囲において適宜に改良、変更することができる。例えば、上記した各システムにあっては、2種の原料ガス1a, 1bを混合させるようにしたが、3種以上の原料ガスを混合させるようにすることもできる。また、第3～第5システムにあっては、複数の流量調整器のうち一の流量調整器(第2流量調整器5<sub>2</sub>)を流量調整機構(ニードル体)56, 57を備えた流量可変型の流量調整器(流量可変ノズル)50c, 50dに構成したが、かかる流量可変型のものに構成する流量調整器の数は任意である。

#### 【0052】

【実施例1】実施例1として、第1システムを、

(1) 主原料ガス1aとして窒素を使用し、副原料ガス1bとして酸素を使用する。

(2) 基準混合比率(酸素濃度)が21 vol %となるように設計された流量調整器5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>を使用する。すなわち、第1流量調整器5<sub>1</sub>として、D<sub>1</sub> = 2.0 mm, L<sub>1</sub> = 20.0 mm, L<sub>2</sub> = 6.0 mm, θ<sub>1</sub> = 8°の先細ノズル50a(図2参照)を使用し、第2流量調整器5<sub>2</sub>として、D<sub>1</sub> = 1.2 mm, L<sub>1</sub> = 12.0 mm, L<sub>2</sub> = 3.6 mm, θ<sub>1</sub> = 8°の先細ノズル50

a (図2参照)を使用する。

(3) 流量調整器 $5_1$ ,  $5_2$ の入口側圧力 $P_1$ を、圧力制御機構7により $7.5 \text{ kg/cm}^2$ に保持する。の条件で音速域運転、両音速域運転及び亜音速域運転を行なった。

【0053】まず、システム運転に先立って、第2流量調整器 $5_2$ のみを使用して、出口側圧力 $P_2$ を変化させつつ、流量調整器 $5_2$ を通過する酸素の流量比 $K$ を測定して、先細ノズル50aにおける流量特性を確認した。その結果は、表1に示す通りである。なお、各実施例において、流量比 $K$ は、当該流量調整器 $5_2$ における流入酸素量 $V_1$ に対する流出酸素量 $V_2$ の割合(%)であり( $K = (V_2 / V_1) \times 100$ )、また圧力 $P_1$ ,  $P_2$ はすべてゲージ圧力であるが、圧力比( $P_2 / P_1$ )については、特に、圧力 $P_1$ ,  $P_2$ を絶対圧力として計算されている。

【0054】表1から理解されるように、出口側圧力 $P_2$ が $3.5 \text{ kg/cm}^2$ 以下であるときは $K = 100\%$ であり、流量調整器 $5_2$ 内で音速流れが生じている。すなわち、 $P_2 \leq 3.5 \text{ kg/cm}^2$ が音速域であり、臨界圧力比0.53は理論値に近似している。

【0055】そして、当該システムを出口側圧力(サージタンク19の運転圧力) $P_2$ を $2.0 \sim 3.5 \text{ kg/cm}^2$ とする圧力条件下で音速域運転を行い、混合ガス1の混合比率つまり酸素濃度(vol%)を測定した。その結果は、表2に示す通りであった。なお、酸素濃度の測定器としては、東レエンジニアリング(株)製のジルコニア式酸素濃度計(LC-750H(D))であって、 $0 \sim 25 \text{ vol}\%$ (測定レンジ)の酸素濃度を3桁(小数点以下1桁)でデジタル表示するものを使用した。

【0056】また、当該システムを出口側圧力(サージタンク19の運転圧力) $P_2$ を $3.0 \sim 4.5 \text{ kg/cm}^2$ とする圧力条件下で両音速域運転を行い、混合ガス1の混合比率(vol%)を上記ジルコニア式酸素濃度計で測定した。その結果は、表3に示す通りであった。

【0057】さらに、当該システムを出口側圧力(サージタンク19の運転圧力) $P_2$ を $4.0 \sim 5.5 \text{ kg/cm}^2$ とする圧力条件下で亜音速域運転を行い、混合ガ

ス1の混合比率(vol%)を上記ジルコニア式酸素濃度計で測定した。その結果は、表4に示す通りであった。

【0058】表2及び表3から明らかなように、音速域運転及び両音速域運転では、背圧 $P_2$ の変化に拘わらず、混合比率が上記ジルコニア式酸素濃度計の表示範囲(少数点以下1桁)において同一となった。すなわち、混合比率がすべて $21.0 \text{ vol}\%$ (基準混合比率( $21 \text{ vol}\% \pm 0.1 \text{ vol}\%$ ))となり、極めて高い混合精度( $\pm 0.1 \text{ vol}\%$ 以内)が得られることが確認された。また、表4から明らかなように、亜音速域運転でも、混合比率が $21.1 \sim 21.2 \text{ vol}\%$ ( $21 \text{ vol}\% \pm 0.2 \text{ vol}\%$ )となり、高い混合精度( $\pm 0.2 \text{ vol}\%$ 以内)が得られることが確認された。したがって、第1システムによれば、その運転条件に拘わらず、医療用合成空気を対象とする第2従来システム(混合精度は $\pm 1.0 \sim 1.5 \text{ vol}\%$ )に比して、極めて高精度の混合ガス1を供給させることができる。

【0059】

【表1】

出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	圧力比 ( $P_2 / P_1$ )	酸素流量比 $K$ (%)
1.00	0.24	100
2.00	0.36	100
3.00	0.47	100
3.50	0.53	100
4.00	0.59	99.6
4.50	0.65	97.7
5.00	0.71	93.8
5.50	0.77	88.2
6.00	0.82	80.4
6.50	0.88	69.8
7.00	0.94	53.3

【0060】

【表2】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	混合比率(酸素濃度) (vol%)
7.50	2.00	21.0
	2.25	21.0
	2.50	21.0
	2.75	21.0
	3.00	21.0
	3.25	21.0
	3.50	21.0

【0061】

【表3】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	混合比率 (酸素濃度) (vol %)
7.50	3.00	21.0
	3.25	21.0
	3.50	21.0
	3.75	21.0
	4.00	21.1
	4.25	21.1
	4.50	21.1

【0062】

【表4】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	混合比率 (酸素濃度) (vol %)
7.50	4.00	21.1
	4.25	21.1
	4.50	21.1
	4.75	21.1
	5.00	21.2
	5.25	21.2
	5.50	21.2

【0063】

【実施例2】実施例2として、第2システムを、

(1) 主原料ガス1aとして窒素を使用し、副原料ガス1bとして酸素を使用する。

(2) 基準混合比率(酸素濃度)が21vol %となるように設計された流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ を使用する。すなわち、第1流量調整器 $5_1$ として、 $D_2 = 2.0\text{mm}$ 、 $L_3 = 4.0\text{mm}$ 、 $L_4 = 33.3\text{mm}$ 、 $\theta_2 = 8^\circ$ 、 $\theta_3 = 6^\circ$ の中細ノズル50b(図3参照)を使用し、第2流量調整器 $5_2$ として、 $D_2 = 1.2\text{mm}$ 、 $L_3 = 2.4\text{mm}$ 、 $L_4 = 20.0\text{mm}$ 、 $\theta_2 = 8^\circ$ 、 $\theta_3 = 6^\circ$ の中細ノズル50b(図3参照)を使用する。

(3) 流量調整器 $5_1$ 、 $5_2$ の入口側圧力 $P_1$ を、圧力制御機構7により $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ に保持する。の条件で音速域運転、両音速域運転及び亜音速域運転を行なった。なお、酸素濃度の測定器としては、第1実施例において使用したと同一のジルコニア式酸素濃度計(LC-750H(D))を使用した。

【0064】まず、システム運転に先立って、実施例1におけると同様に、第2流量調整器 $5_2$ のみを使用して、出口側圧力 $P_2$ を変化させつつ、流量調整器 $5_2$ を通過する酸素の流量比 $K$ を求めた。その結果は、表5に示す通りであった。表5から理解されるように、 $P_2 \leq 6.0\text{kg}/\text{cm}^2$ が音速域であり、背圧たる出口側圧力 $P_2$ による影響を受けない音速域が先細ノズル50aを使用した実施例1に比して拡大されている。

【0065】そして、当該システムを出口側圧力(サージタンク19の運転圧力) $P_2$ を $2.0 \sim 6.0\text{kg}/\text{cm}^2$ とする圧力条件下で音速域運転を行い、混合ガス1の混合比率(vol %)を測定した。その結果は、表6に示す通りであった。

【0066】また、当該システムを出口側圧力(サージタンク19の運転圧力)を $5.0 \sim 6.5\text{kg}/\text{cm}^2$ とする圧力条件下で両音速域運転を行い、混合ガス1の混合比率(vol %)を測定した。その結果は、表7に示す通りであった。

【0067】さらに、当該システムを出口側圧力(サージタンク19の運転圧力) $P_2$ を $6.5 \sim 7.0\text{kg}/\text{cm}^2$ とする圧力条件下で亜音速域運転を行い、混合ガス1の混合比率(vol %)を測定した。その結果は、表8に示す通りであった。

【0068】表6及び表7から明らかなように、音速域運転及び両音速域運転では、背圧 $P_2$ の変化に拘わらず、混合比率が変化なく一定(21.0vol %)であり、実施例1による以上に高い混合精度が得られることが確認された。また、表8から明らかなように、亜音速域運転でも、混合比率が21.0~21.1vol % (21vol % $\pm 0.10\text{vol %}$ )となり、実施例1に比してより高い混合精度( $\pm 0.10\text{vol %}$ 以内)が得られることが確認された。

【0069】

【表5】

出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	圧力比 ( $P_2/P_1$ )	酸素流量比K (%)
1.00	0.24	100
2.00	0.36	100
3.00	0.47	100
3.50	0.53	100
4.00	0.59	100
4.50	0.65	100
5.00	0.71	100
5.50	0.77	100
6.00	0.82	100
6.50	0.88	99.8
7.00	0.94	94.5

【0070】

【表6】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	混合比率(酸素濃度) (vol %)
7.50	2.00	21.0
	2.50	21.0
	3.00	21.0
	3.50	21.0
	4.00	21.0
	4.50	21.0
	5.00	21.0
	5.50	21.0
	6.00	21.0

【0071】

【表7】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	混合比率(酸素濃度) (vol %)
7.50	5.00	21.0
	5.25	21.0
	6.00	21.0
	6.25	21.0
	6.50	21.0

【0072】

【表8】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	混合比率(酸素濃度) (vol %)
7.50	6.50	21.0
	6.75	21.0
	7.00	21.1

【0073】

【実施例3】実施例3として、第4システムを、

(1) 主原料ガス1aとして窒素を使用し、副原料ガス1bとして酸素を使用する。

(2) 基準混合比率(酸素濃度)が6.7vol % (ニードル体57による開度が100%のとき)となるように設計された流量調整器 $5_1$ ,  $5_2$ を使用する。すなわち、第1流量調整器 $5_1$ として、 $D_2 = 2.0\text{mm}$ ,  $L_3 = 4.0\text{mm}$ ,  $L_4 = 33.3\text{mm}$ ,  $\theta_2 = 8^\circ$ ,  $\theta_3 = 6^\circ$ の中細ノズル50b (図3参照)を使用し、第2流量調整器 $5_2$ として、 $D_2 = 0.3\text{mm}$ ,  $L_3 = 0.6\text{mm}$ ,  $L_4 = 15.0\text{mm}$ ,  $\theta_2 = 8^\circ$ ,  $\theta_3 = 6^\circ$ ,  $D_5 = 0.96\text{mm}$ ,  $\theta_5 = 5^\circ$ の流量可変ノズル50d (図6参照)を使用する。

(3) 流量調整器 $5_1$ ,  $5_2$ の入口側圧力 $P_1$ を、圧力制御機構7により $7.5\text{kg/cm}^2$ に保持する。

(4) 流量調整器 $5_1$ ,  $5_2$ の出口側圧力(サージタンク19の運転圧力) $P_2$ を $5.0 \sim 6.0\text{kg/cm}^2$ とする。

の条件で、

① ニードル体57を開度100%となる位置に位置させる。

② ニードル体57を開度80%となる位置に位置させる。

③ ニードル体57を開度56%となる位置に位置させる。

の各場合においてシステム運転を行なった。なお、酸素濃度の測定器としては、第1実施例において使用したと同一のジルコニア式酸素濃度計(LC-750H

(D))を使用した。

【0074】まず、システム運転に先立って、第2流量調整器 $5_2$ のみを使用して、上記した①②③の各場合において、出口側圧力 $P_2$ を変化させつつ、流量調整器 $5_2$

を通過する酸素の流量比 $K$ を求めた。その結果は、表9に示す通りであった。

【0075】表9から、開度100%では、 $P_2 \leq 6.0\text{kg/cm}^2$ が $K=100\%$ となる音速域であり、開度が低くなるに従い、音速域が狭くなることが理解される。なお、音速域における第2流量調整器 $5_2$ からの酸素流出量は、①の場合において $0.52\text{Nm}^3/\text{h}$ であり、②の場合において $0.416\text{Nm}^3/\text{h}$ であり、③の場合において $0.293\text{Nm}^3/\text{h}$ である。

【0076】そして、①②③の各場合において、当該システムを出口側圧力 $P_2$ が $5.0 \sim 6.0\text{kg/cm}^2$ となる条件下で運転し、混合比率を測定した。その結果は、表10に示す通りであった。なお、基準混合比率は、①の場合には上記した如く6.7vol %であるが、②の場合には5.4vol %となり、③の場合は3.7%となる。

【0077】表10から明らかなように、混合比率は、①の場合には基準混合比率(6.7vol %)と同一で変化がなく、②の場合には基準混合比率(5.4vol %)の $\pm 0.10\text{vol } \%$ 以内であり、③の場合には基準混合比率(3.7vol %)の $\pm 0.2\text{vol } \%$ 以内であり、何れの場合にも、第1従来システムに比して極めて高い混合精度が確保されることが理解される。なお、表9からも理解されるように、出口側圧力 $P_2$ を $5.0 \sim 6.0\text{kg/cm}^2$ としたシステム運転は、①の場合には音速域運転となり、②の場合には両音速域運転となり、③の場合には亜音速運転となる。

【0078】

【表9】

出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	圧力比 ( $P_2/P_1$ )	酸素流量比 $K$ (%)		
		開度100%	開度80%	開度56%
1.00	0.24	100	100	100
2.00	0.36	100	100	100
3.00	0.47	100	100	100
3.50	0.53	100	100	100
4.00	0.59	100	100	100
4.50	0.65	100	100	100
5.00	0.71	100	100	98.0
5.50	0.77	100	99.0	95.1
6.00	0.82	100	95.1	89.3
6.50	0.88	99.6	88.5	78.7
7.00	0.94	92.8	67.6	57.8

【0079】

【表10】

入口側圧力 $P_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	出口側圧力 $P_2$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	混合比率 (酸素濃度) (vol %)		
		開度 100%	開度 80%	開度 56%
7.50	5.00	6.7	5.4	3.7
	5.25	6.7	5.4	3.7
	5.50	6.7	5.4	3.8
	5.75	6.7	5.4	3.8
	6.00	6.7	5.5	3.9

## 【0080】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解されるように、請求項1の発明によれば、混合ガス使用部側の圧力が変化する条件下においても、所望する高精度の混合ガスを得ることができ、安定した混合ガス供給を行なうことができる。しかも、必要とされる混合ガス精度や混合ガス使用部側の圧力変化等に応じた多様なシステム運転を行なうことができる。すなわち、システム運転を、必要に応じて、音速域又は亜音速域の何れかで、或いは音速域及び亜音速域の両域で選択的に行なうことができ、その実用性は極めて高い。また、亜音速域でシステム運転を行なうことにより、システム全体の圧力差を小さくすることも可能となる。

【0081】さらに、請求項2の発明によれば、混合ガス使用部における混合ガス使用条件に応じて、混合ガスの成分を容易に変更することができ、混合ガスを必要とする各種工程の精度を大幅に向上させることができる。

【0082】また、請求項3の発明によれば、作動ガスの大気放出による経済上や環境衛生上の問題を解決することができ、使用する原料ガスの性状が制限されることもない。しかも、原料ガスとして引火性、爆発性のものを使用するときにも、格別の防爆対策を施しておく必要がなく、システムの簡素化を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】第1システム及び第2システムを示す系統図である。

【図2】第1システムにおいて使用される流量調整器

(先細ノズル)を示す断面図である。

【図3】第2システムにおいて使用される流量調整器(中細ノズル)を示す断面図である。

【図4】第3システム及び第4システムを示す系統図である。

【図5】第3システムにおいて使用される第2流量調整器(先細ノズル構造の流量可変ノズル)を示す断面図である。

【図6】第4システムにおいて使用される第2流量調整器(中細ノズル構造の流量可変ノズル)を示す断面図である。

【図7】第5システムを示す系統図である。

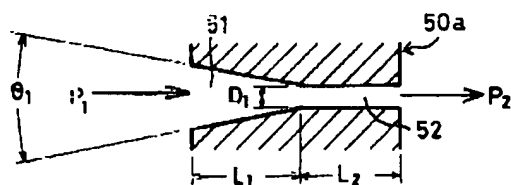
【図8】第1従来システムを示す系統図である。

【図9】第2従来システムを示す系統図である。

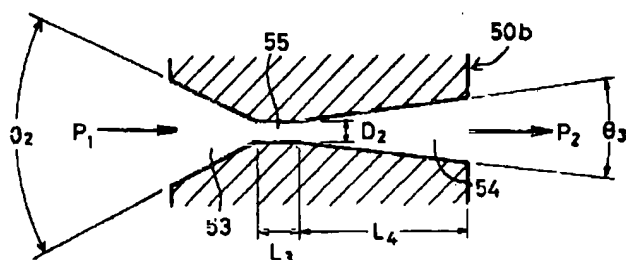
## 【符号の説明】

1…混合ガス、1a…主原料ガス、1b…副原料ガス、1c…作動ガス(主原料ガス)、2…混合器、3…第1原料ガス導入路、4…第2原料ガス導入路、5<sub>1</sub>…第1流量調整器、5<sub>2</sub>…第2流量調整器、5<sub>3</sub>…第3流量調整器、7…圧力制御機構、8…混合ガス使用部、9…混合ガス供給路、10…システム起動・停止機構、11、12…原料ガス供給源、14、31、33…均圧弁、34…第3原料ガス導入路、50a…先細ノズル(流量調整器)、50b…中細ノズル(流量調整器)、50c、50d…流量可変ノズル(第2流量調整器)、56、57…ニードル体(流量調整機構)。

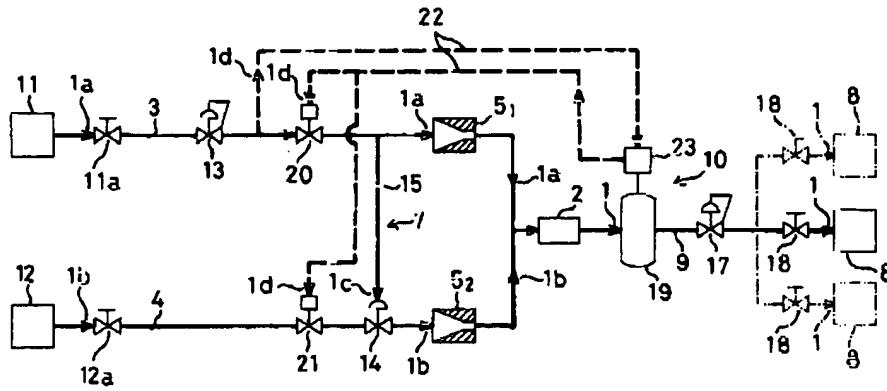
【図2】



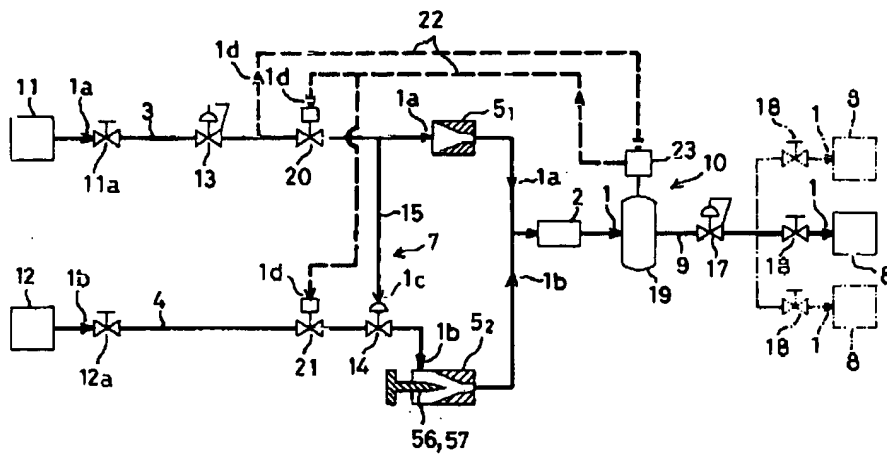
【図3】



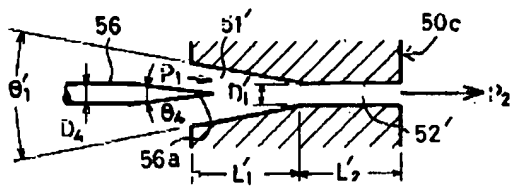
【図1】



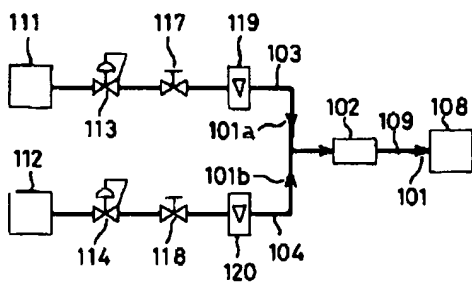
【図4】



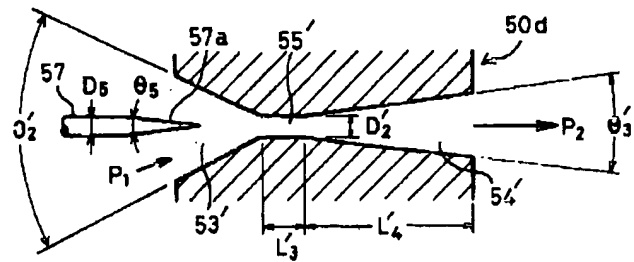
【図5】



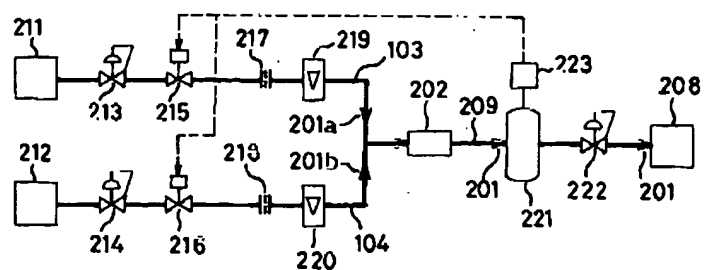
【図8】



【図6】

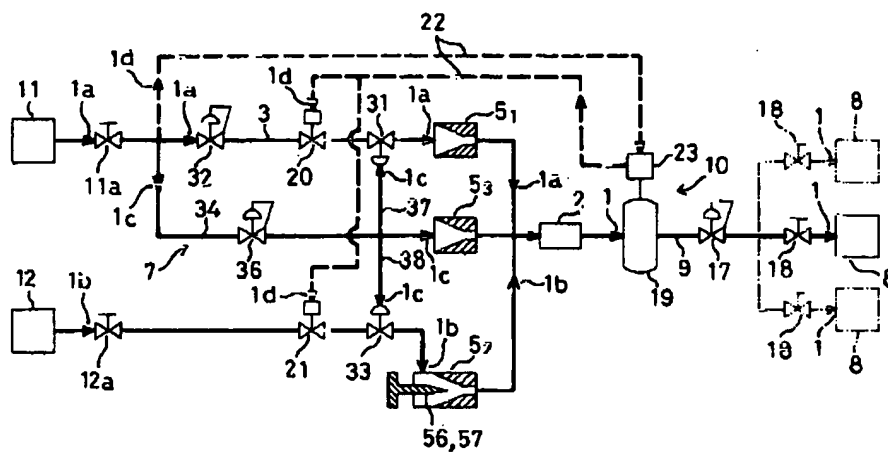


【図9】





【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 紀男

大阪府大阪市西区靱本町2丁目4番11号  
大陽東洋酸素株式会社内

(72)発明者 三室 公厚

東京都台東区東上野2丁目19番3号 ガス  
ミックス工業株式会社内